

04.03.2009

**HIT: 1 OF 1, Selected: 0 OF 0**

© Thomson Scientific Ltd. DWPI

© Thomson Scientific Ltd. DWPI

**Accession Number**

2001-397998

**Title Derwent**

Weld repair for directionally solidified articles e.g. turbine blades, involves maintaining base material at repair temperature and filling defective portions with filler metal having same composition as base material

**Abstract Derwent**

**Novelty:** The article is maintained at a repair temperature of about 60-98% of solidus temperature of base material. A source of filler metal having the same composition as base material, is moved relative to the article parallel to solidification direction and the filler metal is melted and filled into the defective portion of article.

**Description:** An INDEPENDENT CLAIM is also included for repaired directionally solidified article.

**Use:** For weld repairing of directionally solidified articles made of nickel base super alloys such as turbine blades, vanes, mixer nozzles, inner and outer transition duct liner panels and transition duct struts used in aircraft gas turbine engines.

**Advantage:** Due to homogeneity of composition of filler metal and base material of directionally solidified article and uniformity of orientation of grain structure of base material, repaired article without cracks and failure is obtained.

**Description of Drawing:** The figure shows the flow diagram of weld repairing method.

**Assignee Derwent + PACO**

GENERAL ELECTRIC CO	GENE-S
BORNE B L	BORN-I
SMASHEY R W	SMAS-I
SNYDER J H	SNYD-I

**Assignee Original**

GENERAL ELECTRIC COMPANY  
GENERAL ELECTRIC COMPANY  
General Electric Company  
Smashey, Russell W.  
Snyder, John H.  
Borne, Bruce L.  
General Electric Co.  
GENERAL ELECTRIC COMPANY

**Inventor Derwent**

BORNE B	BORNE B L
BORNE L	SMASHEY R
SMASHEY R M	SMASHEY R W
SMASHEY W	SNYDER H
SNYDER J	SNYDER J H

**Patent Family Information**

WO2001041970-A1	2001-06-14	AU200078727-A	2001-06-18
BR200008152-A	2001-11-06	EP1152863-A1	2001-11-14
CN1339996-A	2002-03-13	US6491207-B1	2002-12-10
US20030075587-A1	2003-04-24	JP2003524526-W	2003-08-19
MX2001008002-A1	2002-01-01	TW527251-A	2003-04-11
US6659332-B2	2003-12-09	MX224798-B	2004-12-10
EP1152863-B1	2006-06-07	DE60028547-E	2006-07-20
CN1230271-C	2005-12-07	DE60028547-T2	2007-05-16

**First Publication Date** 2001-06-14

**Priority Information**

US000459302 1999-12-10 US000309727 2002-12-03

**Derwent Class**

M23 M26 P55

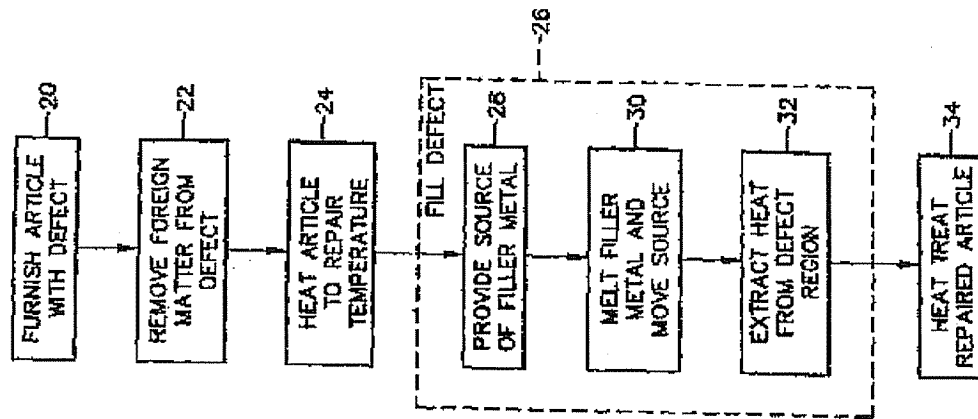
**Manual Code**

M23-A01 M26-B08

**International Patent Classification (IPC)**

IPC Symbol	IPC Rev.	Class Level	IPC Scope
B23K-31/00	2006-01-01	I	C
B23K-31/02	2006-01-01	I	C
B23K-31/02	2006-01-01	I	C
B23K-31/02	2006-01-01	I	C
B23K-35/30	2006-01-01	I	C
C22C-19/05	2006-01-01	I	C
C22F-1/00	2006-01-01	I	C
C22F-1/10	2006-01-01	I	C
B23K-31/00	2006-01-01	I	A
B23K-31/02	2006-01-01	I	A
B23K-31/02	2006-01-01	I	A
B23K-31/02	2006-01-01	I	A
B23K-31/02	2006-01-01	I	A
B23K-35/30	2006-01-01	I	A
C22C-19/05	2006-01-01	I	A
C22F-1/00	2006-01-01	I	A
C22F-1/10	2006-01-01	I	A
B23K-31/00	-		
B23K-31/02	-		
B23K-35/22	-		
B23K-35/38	-		

**Drawing**



## [12] 发明专利申请公开说明书

[21] 申请号 00803632.2

[43] 公开日 2002 年 3 月 13 日

[11] 公开号 CN 1339996A

[22] 申请日 2000.10.4 [21] 申请号 00803632.2

[30] 优先权

[32] 1999.12.10 [33] US [31] 09/459,302

[86] 国际申请 PCT/US00/27785 2000.10.4

[87] 国际公布 WO01/41970 英 2001.6.14

[85] 进入国家阶段日期 2001.8.9

[71] 申请人 通用电气公司

地址 美国纽约州

[72] 发明人 R·W·斯马舍伊 J·H·斯奈德  
B·L·博尼

[74] 专利代理机构 中国专利代理(香港)有限公司

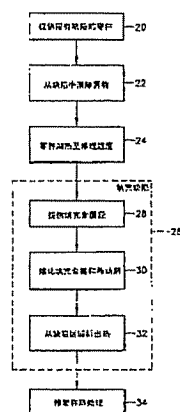
代理人 周备麟 章社杲

权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图页数 5 页

[54] 发明名称 定向结晶件的焊补

[57] 摘要

一个定向结晶镍基高温合金零件(40),其内部有一和该凝固方向(54)平行地伸展的缺陷(58),该零件(40)通过下述过程修理:清除该缺陷(58)内存在的任何异物;然后在含有一种防止该基体材料氧化的保护气体的室内将该零件(40)加热到大约为该基体材料固相线温度 60~98% 的修理温度;在使该零件(40)保持在该修理温度的同时,用一种填充金属填充该缺陷(58),该填充通过下述过程完成:提供一个其成份基本上和该定向结晶件(40)的该基体材料相同的填充材料源;然后在和该凝固方向(54)平行的方向上,使该填充材料源相对于该零件(40)移动的同时,将该填充金属逐步熔入该缺陷(58)内;选择性地可以在该填充金属在该缺陷(58)内凝固时,在该凝固方向(54)的大约 45° 角度内的该热流方向上进行额外的人工热析出;此后,可以将该零件(40)进行热处理。



ISSN 1008-4274

## 权 利 要 求 书

1. 一种定向结晶件(40)的修理方法, 其包含下述步骤:

提供一个定向结晶件(40), 其包括一种具有固相线温度和具有修理区(56)的基体材料, 并且带有一种晶粒基本上和凝固方向(54)平行地伸长的晶粒组织, 该修理区(56)包括一个和凝固方向(54)平行地延伸的缺陷(58);

将该零件(40)在防止该基体材料氧化的保护气氛中加热到约为该基体材料固相线温度60~98%的修理温度;

在将该零件(40)保持在该修理温度的同时, 用一种填充金属填充缺陷(58), 该填充步骤包括:

提供一种填充金属源, 其成份基本上和该定向结晶件(40)的基体材料相同;

在和该凝固方向平行的方向上, 使填充金属源相对于该零件(40)移动的同时, 将该填充金属逐步熔入该缺陷(58)内。

2. 按照权利要求1所述的方法, 其特征在于提供步骤包括提供一种镍基高温合金的步骤。

3. 按照权利要求1所述的方法, 其特征在于提供步骤包括提供一种镍基高温合金的步骤, 该具有重量百分比成份的合金从包括下述合金的组中选择: Rene 80H, 其名义重量百分比成份是约9.5%钴, 约14%铬, 约4%钼, 约4%钨, 约3%铝, 约5%钛, 约0.75%铪, 约0.2%碳, 约0.015%硼, 其余为镍和杂质; Rene 108, 其名义重量百分比成份是约9.4%钴, 约8.2%铬, 约0.5%钼, 约9.5%钨, 约3.2%钽, 约5.6%铝, 约0.7%钛, 约1.5%铪, 约0.1%碳, 约0.015%硼, 其余为镍和杂质; Rene 150, 其名义重量百分比成份是约12%钴, 约5%铬, 约1%钼, 约5%钨, 约2.2%钒, 约6%钽, 约5.5%铝, 约3%铁, 其余为镍和杂质; Rene 142, 其名义重量百分比成份为约12%钴, 约6.8%铬, 约1.5%钼, 约4.9%钨, 约6.4%钽, 约6.2%铝, 约2.8%铁, 约1.5%铪, 约0.1%碳, 约0.015%硼, 其余为镍和杂质; Mar-M247, 其名义重量百分比成份为约10.3%钴, 约8.4%铬, 约0.75%钼, 约9.9%钨, 约3.1%钽, 约5.5%铝, 约1%钛, 约1.5%铪, 约0.2%碳, 其余为镍和杂质。

4. 按照权利要求1-3所述的方法, 其特征在于该缺陷(58)为

一和该凝固方向(54)平行地伸展的裂纹。

5. 按照权利要求1-4所述的方法,其特征在于包括一个额外的加热前清除该缺陷(58)内存在的异物的步骤。

6. 按照权利要求5所述的方法,其特征在于清除步骤包含通过磨掉该缺陷(58)周围材料从该缺陷区(58)内清除异物的步骤。

7. 按照权利要求1-6所述的方法,其特征在于包含一个额外的在该填充步骤后对该带有被修复缺陷(58)的零件(40)进行热处理的步骤。

8. 按照权利要求1-7所述的方法,其特征在于包含一个额外的和该熔化步骤同时完成的下述步骤:

在热流方向(64)上从该零件(40)人工地析热,该热流方向在该凝固方向的约45°角度内,从而使该填充金属在该缺陷(58)内凝固。

9. 一个定向结晶件(40),其包括:

15 一个包含一种基体材料的零件(40),该基体材料具有一个固相线温度和具有一个包含一个缺陷(58)的修理区(56),该缺陷和凝固方向(54)平行地伸长,该零件(40)具有一种晶粒(52)基本上和该凝固方向(54)平行地伸长的晶粒组织。

20 一种缺陷(58)内的填充材料,该填充材料的成份基本上和该零件(40)的基体材料相同,并且具有带晶界(50)的晶粒组织,该晶界(50)基本上和该凝固方向(54)平行地伸长。

10. 按照权利要求9所述的零件(40),其特征在于该基体材料为一种镍基高温合金。

25 11. 按照权利要求9或10所述的零件(40),其特征在于该缺陷(58)是一条和该凝固方向(54)平行的伸展的裂纹。

# 说明书

## 定向结晶件的焊补

5 本发明涉及具有用定向结晶 (directional solidification) 产生的定向晶粒组织的零件的焊补, 更具体言, 其涉及定向结晶镍基高温合金 (superalloy) 的焊补。

### 发明的背景

10 金属零件可以制成具有定向结晶晶粒组织, 以提高其高温力学性能。在定向结晶时, 熔融金属在规定该零件形状模型内从该模型一端单方向地冷却。金属首先在该析出热的一端凝固, 然后随着温度降到该固相线温度 (solidus temperature) 以下, 该金属沿着该模型长度凝固。该形成的组织有一些沿着该模型长度和该热流方向平行地伸长的晶粒。该晶界同样和该热流方向平行。按照最快成长的结晶方向或在该首先凝固端引起的籽晶取向, 该晶粒典型地表现为一种定向晶粒组织。为了获得良好的高温性能目的选择晶粒取向。

20 用定向结晶获得的该零件的工作中位置应使该主力学载荷施加在和凝固时的该热流方向平行的方向上。和该热流方向平行的该晶粒组织取向使材料在此方向上具有最高的强度。此外, 和该热流方向平行的该晶界取向减少晶界蠕变发生率。定向结晶用于制造在飞机燃气涡轮发动机中最热部分内使用的镍基高温合金铸件。

当该零件定向结晶时, 可能产生铸造缺陷, 该缺陷的型式有为所有铸造过程共有的, 也有为定向结晶所特有的。这些缺陷通常表现为裂纹——特别是和凝固方向平行地伸展的晶间裂纹。还可能产生既在凝固时, 也在工作时产生的其他型式缺陷。

25 该定向结晶件的生产成本较高, 因此人们希望修复在铸造或工作时产生的该缺陷, 如果此种修复可行的话。在一种方法中, 该缺陷可通过用填充金属填充该缺陷, 然后凝固的焊接工艺修理, 或者通过其他填充作业修理。此种技术对于等轴零件 (equiaxed article) 已为人熟知。但当用于定向结晶件时, 其结果为一种不充分的修复, 因为该种修复具有不均匀的显微组织, 并且其力学性能低得不能接受, 30 该修复件可能表现出较该无缺陷零件为低的韧性。

有必要发展一种修理定向结晶金属零件的改进方法。本发明填补

了此一需要，另外还具有相关的优点。

### 本发明简介

5 本发明提出一种修理定向结晶件的方法。此方法产生化学上均匀的组织，而且产生和该零件其余部分相同取向的晶粒组织。其结果便是修复件的性能等于或相当接近于该零件的无缺陷部分。因此该修复件可以用于工作，其性能和无缺陷零件相比无重大降低。

修理定向结晶件的一种方法包含提供一个定向结晶件的步骤，该定向结晶件包含一种基体材料，该基体材料具有一个固相线温度和一个修理区，且带有晶粒基本上和凝固方向平行地伸长的晶粒组织。该  
10 修理区还包括一个和该凝固方向平行地伸长的缺陷。将该零件在含有防止该基体材料氧化的保护气体的室内加热到大约为该基体材料固相线温度 60~98%——最好约为 60~80%——的修理温度。在将该零件保持在修理温度上的同时，用填充金属填充该缺陷。该填充步骤包括提供其成份和该定向结晶件的该基体材料基本上相同的填充金  
15 属源以及在和该凝固方向平行的方向上将该填充金属源相对于该零件移动的同时，将该填充金属逐步熔入该缺陷，从而使该填充金属在该缺陷内凝固。选择性地亦可在该凝固方向的约 45°角度内从该零件中人工地析出热。

该零件最好用镍基高温合金制造。该零件的缺陷典型地是一条和  
20 该凝固方向平行地伸展的裂纹，而且更典型地是一条晶间裂纹。本发明亦能用于修复其他型式的缺陷。在加热前，最好将该缺陷内存在的任何异物除去。除去异物通常靠磨掉围绕该缺陷的基体材料，从而造成一个准备用该填充金属填充的孔穴，再化学清理包括该缺陷在内的该修理区。

25 本方法造成一个修理区，在该修理区内，原始的缺陷用和该零件的基体金属相同的材料填充。在填充该缺陷时，将该零件加热至高温，以便减小该填充金属和该基体金属之间不相容性的发生概率，从而也减小由于该基体金属在中间温度区内韧性低而造成的该基体金属失效的可能性。

30 原来含有该缺陷的修理区的该晶粒组织和该零件的其余部分组织相同。该修复区的晶粒组织具有取向和原始热流方向平行的该基体金属成份的晶粒，而晶界亦和该热流方向平行。晶粒尺寸可能有异，



但是该修复区的该定向晶粒组织对性能不造成危害，不像该修复区内的该晶粒组织是等轴的或者具有和该热流方向垂直的晶界情况下所见到的那种情况。

因此本方法可以在零件性能降低很少——如果有的话——情况下修复铸态的或者工作中使用的定向结晶件中的缺陷。本发明的其他特点和优点将从下文结合附图的优先实施例的更详细说明中了解到。该附图通过例子说明本发明的原理。但是发明的范围并不限于此优先实施例。

#### 附图简介

- 10 图 1 为实施本发明方法的方块流程图；  
图 2 为含有缺陷的一个零件透视图；  
图 3 为修理中的零件俯视图；  
图 4 为沿图 3 中 4-4 线的截面图；  
图 5 为用不属本发明范围内的另一种方法修复的零件俯视图；  
15 图 6 为沿图 5 中 6-6 线的截面图；  
图 7 为一典型的内或外函道衬板的透视图。

#### 本发明的详细说明

图 1 为实施本发明优先方法的方块流程图。提供一个定向结晶件，编号 20。图 2 表示这样一个定向结晶件 40，在此情况下，它是一个燃气涡轮发动机的涡轮叶片。该涡轮叶片 40 包含一个翼面 42。  
20 当该涡轮叶片在燃气涡轮发动机内工作时，该炽热的废气流正冲向该叶身 42。该涡轮叶片 40 用一燕尾 44 安装在一个涡轮盘（未表示）上，该燕尾从该叶身 42 起向下伸展并和该涡轮盘上的槽嵌合。缘板 46 从该叶身 42 和该燕尾 44 连接的区域起向外纵向伸展。有一些内  
25 通道可能通过叶身 42 的内部伸展，以该叶身 42 的该表面上的孔 48 为其终点。该零件 40 的全部或一部可以用保护涂层覆盖。本发明适用于涡轮叶片，此为优先的用途，但对其他的定向结晶件也适用。燃气涡轮发动机内使用的其他零件的例子包括：涡轮风扇叶片、混合器喷嘴、内和外过渡函道衬板和过渡函道撑条。图 7 表示一个典型的内  
30 或外衬板。

该涡轮叶片 20 用金属合金材料制成。该材料最好是——但并不一定是镍基高温合金。此种优先合金是镍基的，即意味着该合金中镍

的重量百分比大于任何其他元素，该优先镍基合金是一种高温合金，由于 $\gamma'$  [主要为  $\text{Ni}_3(\text{Al}, \text{Ti})$ ] 微粒在 $\gamma$ 基体中沉淀而强化。该合金有一固相线温度。当将具有该合金成份的固体材料加热到该温度时，首先出现液体相。本发明对其他合金也适用。

5        本方法适用的优先镍基高温合金例子包括：Rene 80H，该合金的名义重量百分比成份是约 9.5% 钴，约 14% 铬，约 4% 钼，约 4% 钨，约 3% 铝，约 5% 钛，约 0.75% 铪，约 0.2% 碳，约 0.015% 硼，其余为镍和杂质；Rene 108，该合金的名义重量百分比成份是约 9.4% 钴，约 8.2% 铬，约 0.5% 钼，约 9.5% 钨，约 3.2% 钽，约 5.6% 铝，  
10       约 0.7% 钛，约 1.5% 铪，约 0.1% 碳，约 0.015% 硼，其余为镍和杂质；Rene 150，该合金的名义重量百分比成份为约 12% 钴，约 5% 铬，约 1% 钼，约 5% 钨，约 2.2% 钒，约 6% 钽，约 5.5% 铝，约 3% 铁，其余为镍和杂质；Rene 142，该合金的名义重量百分比成份为约 12% 钴，约 6.8% 铬，约 1.5% 钼，约 4.9% 钨，约 6.4% 钽，约 6.2%  
15       铝，约 2.8% 铁，约 1.5% 铪，约 0.1% 碳，约 0.015% 硼，其余为镍和杂质；Mar-M247，该合金的名义重量百分比成份为约 10.3% 钴，约 8.4% 铬，约 0.75% 钼，约 9.9% 钨，约 3.1% 钽，约 5.5% 铝，约 1% 钛，约 1.5% 铪，约 0.2% 碳，其余为镍和杂质。本发明亦适用于其他合金。

20       该零件 40 最初用定向结晶制造。在本技术领域内为人熟知的该定向结晶过程的结果是多个晶界 50，该晶界纵向伸展穿过零件 40，将晶粒 52 隔开。该晶粒 52 按优先结晶方向取向，例如大多数镍基高温合金情况下为和该凝固方向 54 平行的 [001]。该晶界 50 也和该凝固方向 54 平行。这些晶界 50 在该零件 40 的表面上可以见到，并穿  
25       入内部。该晶粒 52 和该晶界 50 的该结晶方向并非一定严格和该凝固方向 54 平行，而典型地是在该凝固方向的大约  $15^\circ$  角度内。该零件 40 亦可包括一些不和该凝固方向 54 平行的晶粒和晶界，特别在例如缘板 46 的不规则区域内。

30       该零件 40 有一修理区 56，在该区内该晶粒 52 按上述方式基本上和该凝固方向 54 平行地伸长。该修理区 56 包含一个缺陷 58。本文将予详细讨论的缺陷 58 的最普通型式是从该表面起向内伸展并和凝固方向 54 平行地伸长的裂纹。该缺陷 58 典型地是晶间的，亦即在

两个毗邻晶粒 52 之间的该晶界 50 上。此种晶间裂纹可能在该零件 40 铸造时的该定向结晶铸造过程中形成，或在工作期间形成。本发明同样适用于修理其他型式的缺陷。此种缺陷的例子包括一般在铸造时形成的如夹杂、未充满 (non-fill) 区和气孔以及更直接地伴随定向结晶过程产生的缺陷如斑点 (freckle) 和伪晶粒成核。工作缺陷包括例如撞击事件、腐蚀和过热条纹。

该缺陷 58 典型地有不同型式的异物埋藏在缺陷区 56 内，类如沿着晶间裂纹的侧边。该异物可能包括例如氧化物和杂质微粒等等。只要存在该异物，最好在修理过程的后续步骤之前将其从缺陷 58 的该区域 56 中清除，编号 22。如果不清除，该异物可能干扰缺陷的填充，也会使修复的缺陷脆弱。该异物清除最好通过磨掉缺陷 58 侧边上的该零件 40 基体金属的方法完成。典型地应磨到宽度至少为该缺陷 58 原始宽度的一倍。含有该缺陷的该区域 56 可进行化学清理，例如用酸除去该区域 56 的一层表面。该异物清除的结果常常使材料填充的体积大于原始缺陷的尺寸，但为了现在的目的，该体积仍称为缺陷。

将该零件加热到修理温度，编号 24。该后续的填充工序必须要在高修理温度下完成。该填充工序不能在室温或在比下述规定修理温度低的温度下完成，否则该修理不会成功。该修理温度为制造该零件 40 的合金基材料的固相线温度的约 60~98%，最好约为该固相线温度的 60~80%。如果修理温度较低，则该后续填充工序将不成功和/或最终修复件无足够的性能。修理温度也不能较高，因为该零件将冒初熔 (incipient melting) 的危险。

在该后续填充工序中，含该缺陷 58 的该区域 56 的温度可能因为该填充金属正在熔入该缺陷 58 而局部地较高。上文规定的“修理温度”指的是该零件 40 靠近该缺陷 58 的该块基体材料由零件整体加热造成的该温度，并非该缺陷 58 内的温度。

该零件 40 一般在焊接室内用任何实用的方法加热。该焊接室用阻止该零件 40 在该填充过程中氧化的保护气体包围该零件。优先的保护气体最好是氩气，其压力稍高于一个大气压，以阻止其渗入该室内。该保护气体允许少量氧化，但该氧化量和无该保护气体时将会产生的量相比将大大减少。该焊接室最好为一手套式操作箱 (glove

box), 工作时, 惰性气体有轻微正压 (典型地比大气压高约  $1 \sim 2 \text{ lb/in}^2$ )。该惰性气体经过马上介绍的那样处理, 以达到高纯度。该手套式操作箱的内部在开始焊接前应予热, 以便除去氧气、湿气和其他残余气体。

- 5 在高纯度惰性气体中进行焊接的优先情况下, 应注意使该惰性气体的氧含量保持在  $1/1000000$  (ppm) 以下, 这是因为残余氧使该镍基高温合金内的合金元素剧烈氧化, 从而降低该焊接质量的原故。出于同样理由, 惰性气体内湿气含量应保持极低, 使该惰性气体的露点低于约  $-80^\circ\text{F}$ 。使该氧气和湿气含量保持在如此低水平的方法是在该惰性气体进入该焊接室前, 先使其通过在  $1600^\circ\text{F}$  下工作的镍链气体  
10 净化器 (nickel-frain gas purifier) 和连续监控该惰性气体的该氧含量。

- 在该零件 40 大体保持在该修理温度时, 用填充金属填充 (经过该异物清除改进的) 该缺陷 58, 编号 26。在该填充过程中, 提供一个填充金属源, 编号 28。该填充金属的成份基本上和制成该零件 40  
15 的金属基材料的成份相同。但是轻微的成份变化是可以接受的。该填充过程目的是用成份和该金属基材料大致相同的金属填充该缺陷, 同时也要获得定向晶粒组织。该填充金属可以是任何的实用形状。优先的形状包括焊条和粉。

- 20 图 3 和 4 较详细地表示该修理区 56。图 3 中, 该原始缺陷用号码 58' 表示。清除异物 (步骤编号 22) 后的该缺陷用号码 58 表示。在和该凝固方向平行的方向上, 使该填充金属源 59 相对于该零件 40 移动的同时, 将该填充金属源 59 逐步熔入该缺陷 58 内。如图 3 所示, 该填充金属源在该缺陷 58 的第一端 60 处开始, 逐渐地和该凝固方向  
25 54 平行地运动到第二端 62。此种相对运动可以在该零件 40 静止, 该源 59 运动; 该源 59 静止, 该零件 40 运动; 或这些运动的任何组合情况下完成。

- 该填充金属源 59 用任何合适的加热技术熔化, 编号 30。在所示焊条源的情况下, 该源 59 可被该源 59 和该零件 40 之间的电弧冲击  
30 (electric arc strik) 熔化; 被在电极和该零件间形成电弧同时将该填充金属喂入该电弧中熔化; 被激光熔化; 被单独热源或被任何其他实用热源熔化。在粉源 59 情况下, 加热可通过等离子喷镀或其

他任何实用热源完成。

该熔化的填充金属形成一个填充该缺陷 58 体积的熔池。与此同时，热在一个热流方向 64 或多个热流方向上从零件 40 中析出，编号 32。该热流方向 64 希望与该凝固方向 54 平行，并且与该源 59 相对于该零件 40 的该相对运动相反，此即如果该源 59 从第一端 60 向第二端 62 运动，则热流方向应为从第一端 60 背离第二端的方向。该热流方向 64 虽然最好平行于该凝固方向 54，但也可以以多达  $45^\circ$  的角度偏离该凝固方向 54。但是，该热流方向 64 偏离该凝固方向 54 愈大，则该修复缺陷的最终组织愈不理想。该热析出使该填充金属逐步凝固成为从第一端 60 到第二端 62 的该缺陷 58 体积内填充金属 65 的沉淀物。该热流方向 64 上的定向热析出是由该填充金属源 59 的该相对运动结果自然地产生的。也可以选择性地利用冷却剂人工地帮助和加速该热析出。该冷却剂可为例如射到该零件 40 表面上的冷却气体或其安放位置能加速沿该热流方向 64 析出热的冷铁 (chill block)。

图 3 和 4 表示比控制的焊修过程形成的该晶粒组织。该填充金属具有一种定向晶粒组织，其包含该修复缺陷内从第一端 60 向第二端 62 伸展的晶粒 66。该晶粒 66 的优先取向为平行于或几乎平行于该凝固方向 54，因而平行于该零件 40 基体金属晶粒 52 内的优先取向。该修复缺陷 58 内的晶粒 66 的该晶界 68 平行于或几乎平行于该凝固方向 54，因而平行于该基体金属的该晶界 50。

因为填充该缺陷 58 的该填充金属的成份基本上和该零件 40 的该金属基材料相同，此修复组织的成份基本上是均匀的。包括该基体零件 40 的该晶粒 52 和该修复区 56 的该晶粒 66 在内的该晶粒的取向大体上具有和该凝固方向 54 平行的优先方向。包括该基体材料的该晶界 50 和该修复区 56 的晶界 68 在内的该晶界大体上和该凝固方向 54 平行。此种成份均匀性和取向一致性的结果是该修复件具有和无缺陷或无修复区的零件相同或很接近的性能。

在该填充步骤 26 后，该零件 40 可选择性地进行热处理，编号 34。在进行热处理时，一般选用的热处理是为该最终零件中要求的性能提供最佳的组织。因此，该选用的热处理应和被修复的该特定合金结合，例如按照该合金特定的过程，该零件可以进行固溶处理加时效和

/或消除应力。

此种组织优于该填充金属成份基本上和该基体金属不同以及不控制该热流方向使热流主要大体上沿着该凝固方向 54 情况下得到的组织。在图 5 和 6 中，该热流方向 70 和该凝固方向 54 垂直，该修复缺陷内的该晶粒一般和该凝固方向 54 垂直。其结果是，如果该填充金属的成份和该基体金属不同，则在强度、腐蚀和其他性能上存在不均匀性。因为该热流方向和该凝固方向垂直，该修复缺陷内的该晶粒的取向使该晶界垂直于该凝固方向 54，因而垂直于该零件工作时的主载荷轴线。此种取向可以导致过早失效。在该修复缺陷内的等轴晶粒组织同样存在此问题。

虽然为了举例说明的目的对一个特殊的本发明实施例进行了详细介绍，但仍然可以进行各种改进和提高，而不脱离本发明的精神和范围，因此本发明只受所附权利要求书的限制。

# 说明书附图

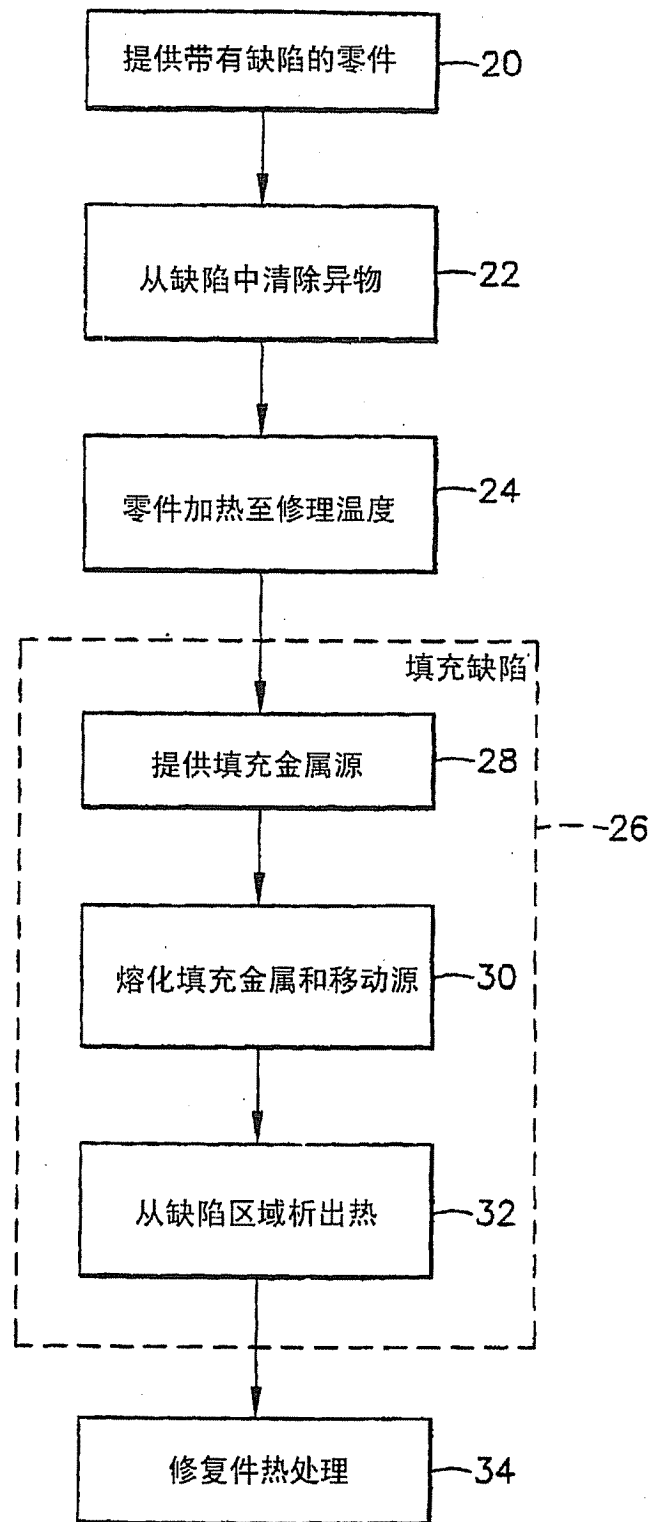


图 1

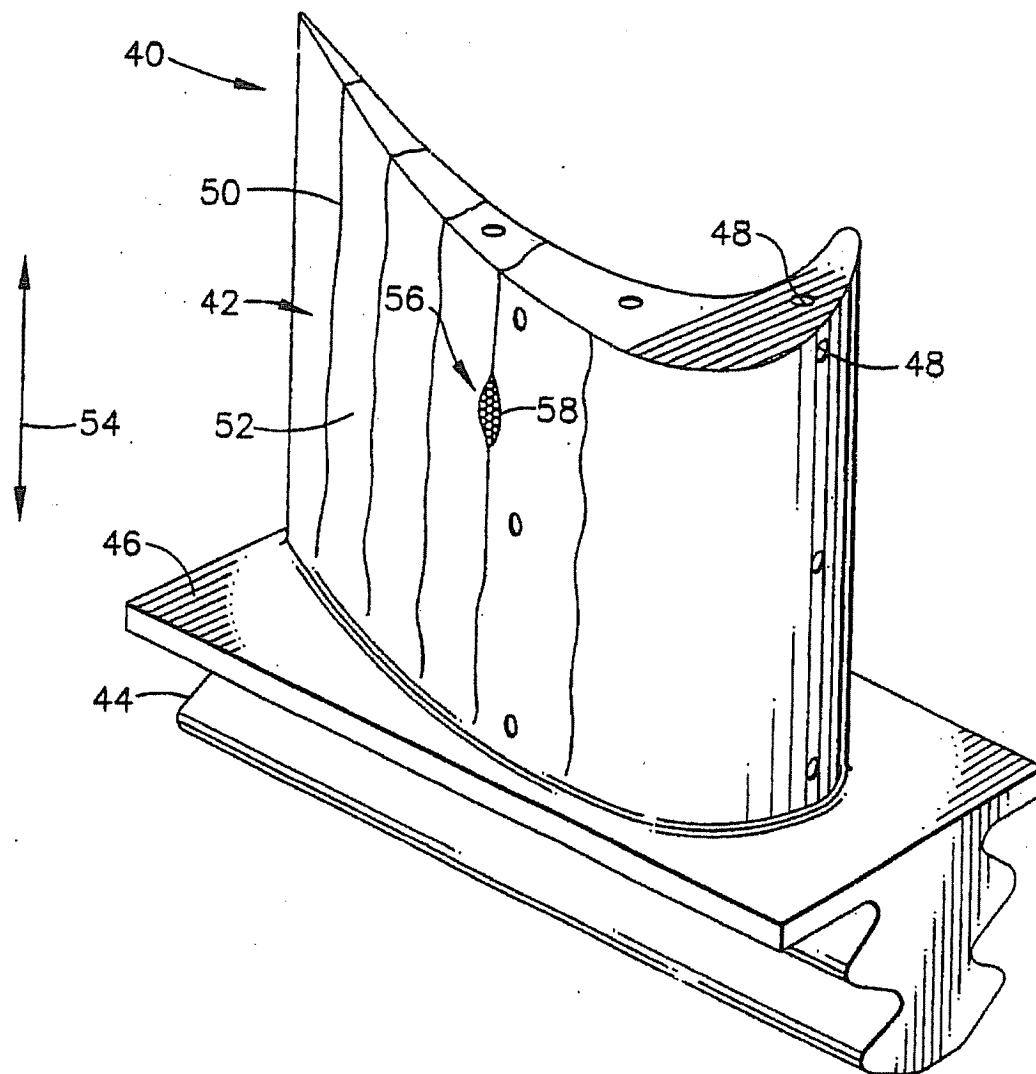


图 2



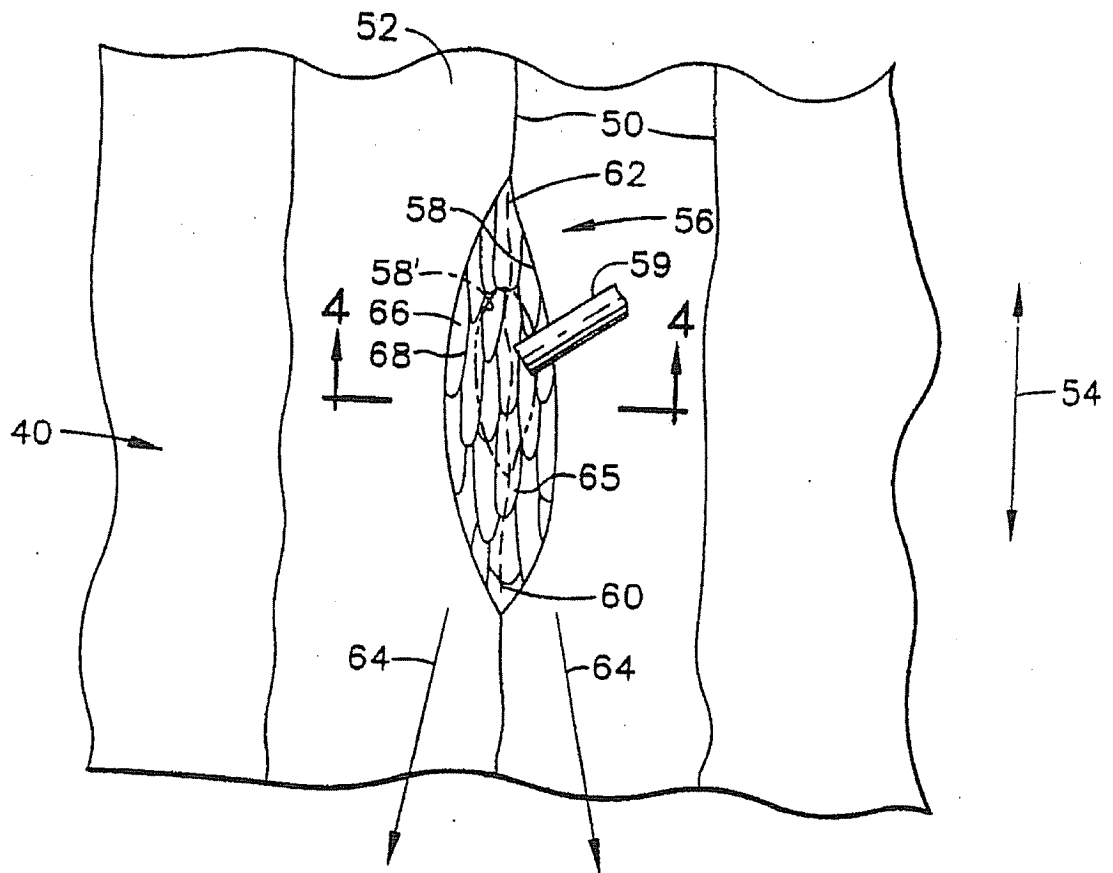


图 3

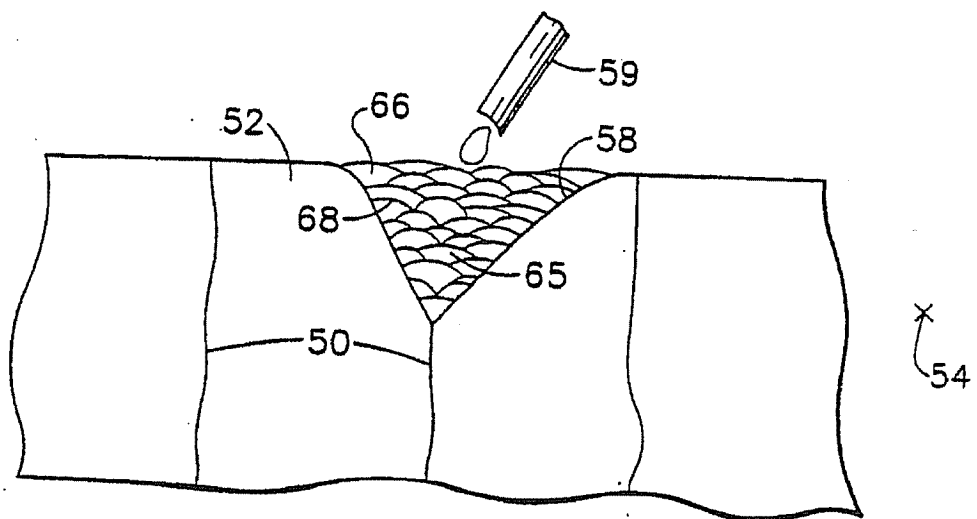


图 4

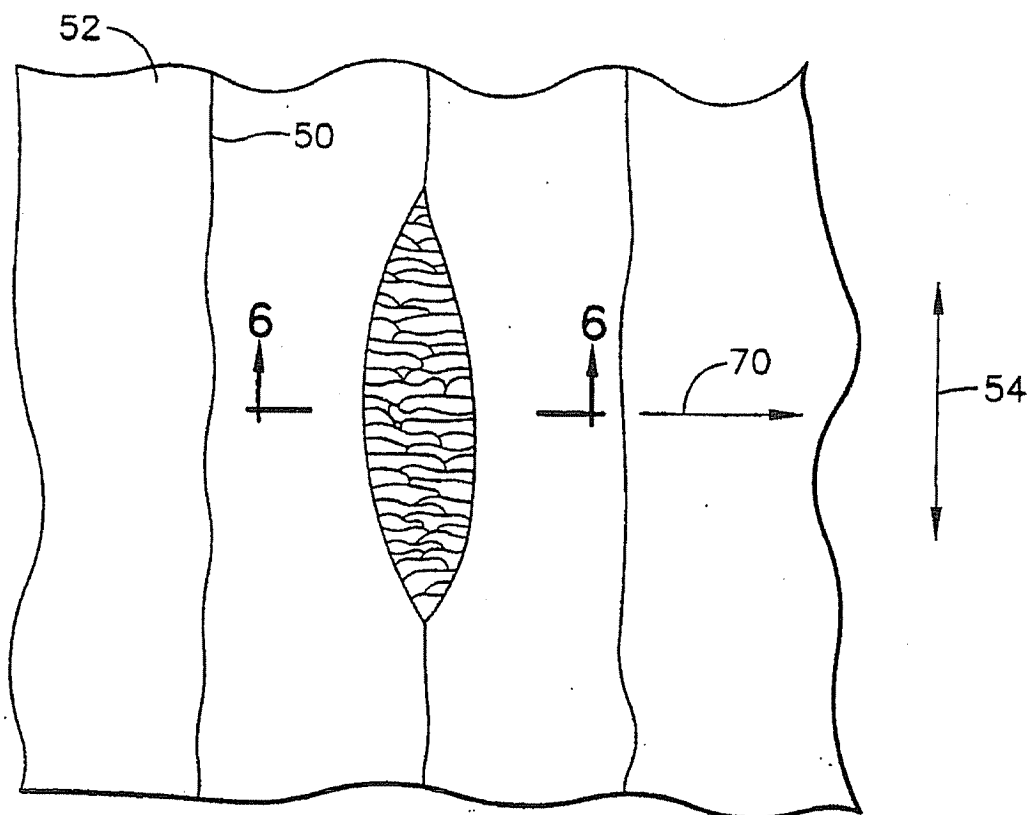


图 5

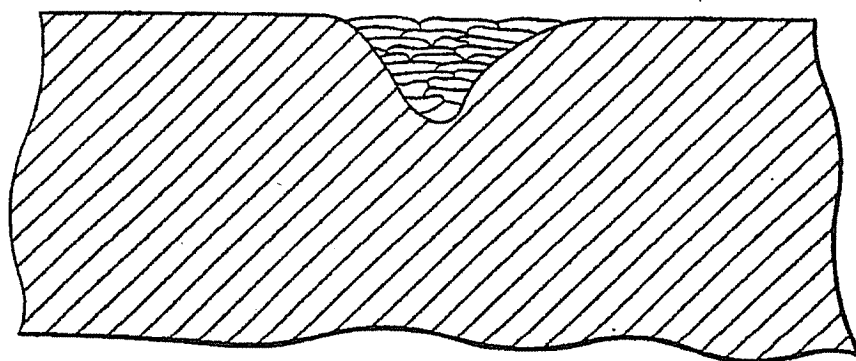


图 6

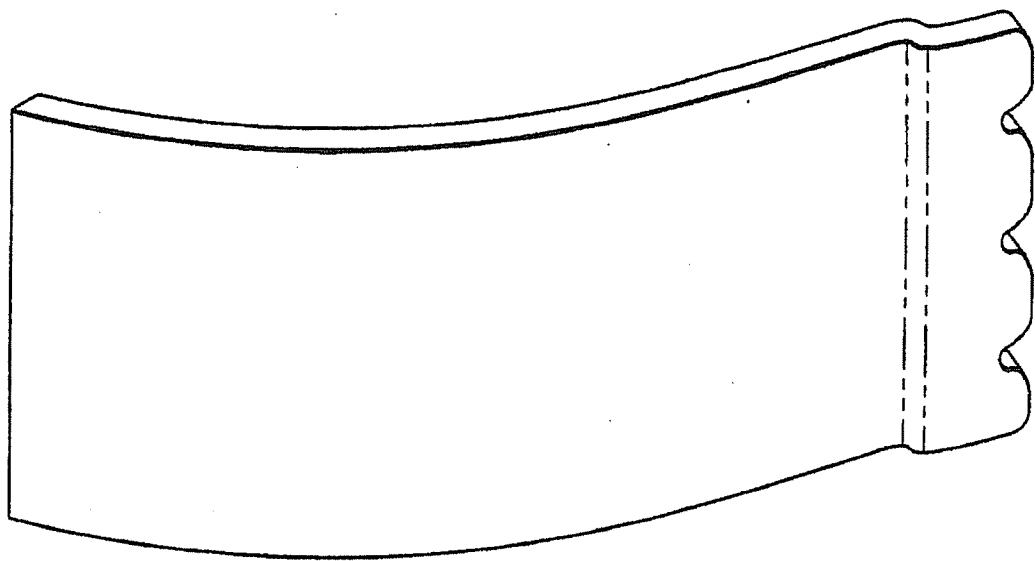


图 7